УДК 613.6: 667
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2019-3-6-11

ОЦЕНКА И КОНТРОЛЬ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ В ЗОНЕ СЧАЛКИ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ

Короткий А. А., Марченко Э. В.
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
daedwardrambler.ru@mail.ru
korot@novoch.ru

Проведены исследования оценки и контроля опасных факторов в зоне счалки стальных канатов. Полученные результаты позволили уточнить причины образования опасных факторов, таких как «волнистость», обрывы проволок прядей и потери диаметра стального каната. Основной причиной возникновения опасных факторов является неравномерность нагружения проволок и прядей в поперечном сечении каната. При существующем ручном способе счаливания технологически невозможно обеспечить равномерность нагружения всех заправляемых прядей в связи с погрешностями, возникающими в ходе проведения работ на длине каждой пряди. А это напрямую зависит от человеческого фактора (опыта и профессионализма счальщика). Авторами предложен новый способ счаливания стальных канатов с применением полимерного сердечника, являющегося кондуктором. Сердечник позволяет исключить человеческий фактор и сохранить в месте счаливания допустимые значения браковочных показателей по диаметру каната.

Ключевые слова: стальной канат, эксплуатация машин, канатная тяга, счалка, браковочные показатели, опасные факторы, полимерные материалы.

UDC 613.6: 667
https://doi.org/10.23947/2541-9129-2019-3-6-11

ASSESSMENT AND MONITORING OF DANGEROUS FACTORS IN THE AREA OF STEEL ROPES SPLICING

Korotkiy A.A., Marchenko E.V.
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

daedwardrambler.ru@mail.ru
korot@novoch.ru

In the article, the authors conduct research on the assessment and control of hazards in the area of steel ropes splicing. The obtained results made it possible to clarify the reasons for the formation of dangerous factors such as: "undulation", wire strands breaks and loss of diameter of the steel rope. The main reason for the occurrence of dangerous factors is the uneven loading of wires and strands in the cross section of the steel rope. With the existing manual method of jointing, it is technologically impossible to ensure the uniformity of loading of all tucked strands, due to errors occurring on the length of each tucked strand, which directly depends on the human factor (experience and professionalism of the splicer) in the course of work. The authors propose a new method of jointing steel ropes using a polymer core, which is a conductor, which allows to exclude the human factor and to keep in place of jointing the permissible values of defective indicators by diameter.

Keywords: steel rope, machines operation, cable traction, splicing, acceptance indicators, hazards factors, polymer materials.

Введение. В современном машиностроении для выполнения высокотехнологичных задач применяются машины, использующие канатную тягу. При этом характерно использование стальных канатов замкнутого (бесконечного) типа, где канат представляет собой кольцо с образованием участка его соединения (стыковки), называемого счалкой. Счалка — это способ соединения двух концов каната посредством вплетения прядей внешнего слоя в сердцевину с предварительным ее удалением на длину, достаточную для образования стыковочных замков (узлов) заправляемых

прядей. Процесс счаливания стальных канатов реализуется вручную сертифицированным счальщиком и регламентируется нормативными документами [1, 2].

Постановка задачи. При изучении долговечности стальных канатов, несмотря на заявленный заводом изготовителем их ресурс 15–20 лет, авторами было отмечено, что уже после 5–6 лет появляются опасные факторы в местах счаливания: обрывы, износ проволок, уменьшение диаметра каната в результате повреждения сердечника, потеря внутреннего сечения, образование «волнистости». Все это является основанием для проведения внепланового ремонта каната с заменой дефектного участка и приводит к значительным материальным затратам. Данные факторы свидетельствуют о нарушении физико-механических характеристик стального каната на участке счаливания и приводят к его преждевременному износу [3, 4].

Теоретическая часть. Физическое моделирование процесса счаливания стальных канатов позволило авторам установить причины возникновения опасных факторов на участке счалки. Для нормальной работы стального каната необходимо, чтобы равнодействующая нагрузка была одинаково приложена ко всем проволокам и прядям в его поперечном сечении [5]. Однако на участке счалки происходит смещение равнодействующей нагрузки относительно оси на величину эксцентриситета, следовательно, имеет место неравномерное нагружение проволок и прядей каната. Неравномерность нагружения проявляется в замках (узлах) счалки, так как невозможно обеспечить постоянство длины каждой заправляемой пряди при ручном счаливании. При эксплуатации в результате смещения суммарного равнодействующего усилия в поперечном сечении счалки каната по ее длине возникает излишний крутящий момент. Заправляемые пряди находятся в жестко фиксированном состоянии и не обеспечивают требуемой подвижности при изгибе каната на шкиве (барабане). В стыковочном «замке» пары трения «сердцевина — прядь — прядь» образуется эффект «закусывания» заплетаемых прядей, что в процессе эксплуатации приводит к образованию опасного фактора, называемого «волнистость» (рис. 1) [6].



Рис. 1. Образование опасного фактора «волнистость» на участке счалки стального каната

Смещение равнодействующей нагрузки в поперечном сечении счалки стального каната значительно снижает уровень безопасности при его эксплуатации. При образовании «волнистости» нагружение в поперечном сечении проволоки при изгибе каната на шкиве возрастает за счет дополнительных изгибающих и растягивающих напряжений. Эти напряжения превышают расчетные значения, в результате проволоки наиболее нагруженной пряди начинают разрушаться при меньшем числе циклов нагружения, что в свою очередь приводит к образованию опасного фактора в виде обрыва проволок (рис. 2) [7].

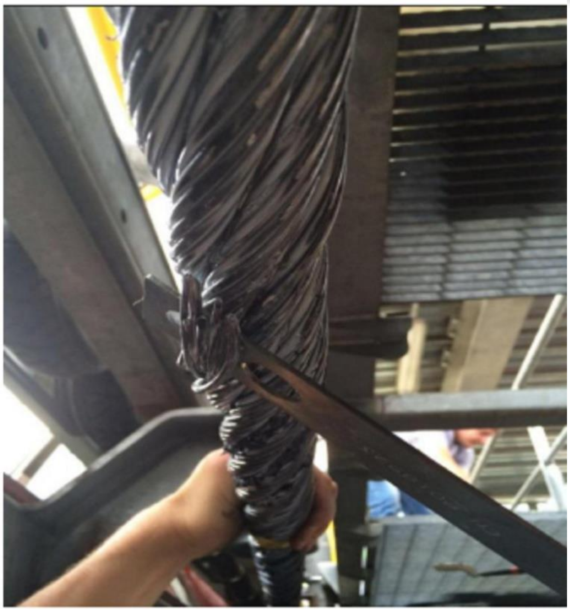
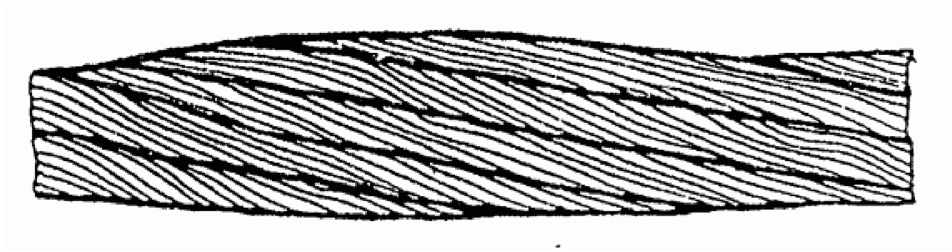
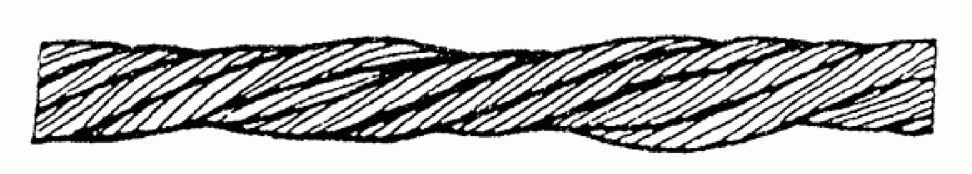


Рис. 2. Обрыв проволок одной из прядей на участке счалки стального каната

При существующем ручном способе счаливания технологически невозможно обеспечить равномерность нагружения всех заправляемых прядей по причине возникающих погрешностей на длине каждой заправляемой пряди, что напрямую зависит от человеческого фактора (опыта и профессионализма счальщика) в ходе проведения работ [8]. Невозможность обеспечения точности разрезания заправляемой пряди на требуемую длину вызывает нежелательные последствия. Отрезание пряди с излишней длиной при ее размещении приводит к увеличению диаметра каната. Если прядь отрезается слишком короткой, возникает недостаток опоры для внешних прядей. Недостаток опоры может достигать нескольких миллиметров, что приводит к локализованному уменьшению диаметра каната. Более или менее жесткий контакт между смежными внешними витками может приводить к досрочному появлению различных повреждений проволоки в данной области. Увеличение или уменьшение диаметра стального каната более чем на 10 % от его номинального значения тоже является опасным фактором (рис. 3) [9].



а)



б)

Рис. 3 Опасный фактор в виде местного увеличения (а) или уменьшения (б) диметра стального каната на участке счалки

Научная новизна. Проведенные исследования позволили сформировать методику оценки и контроля опасных факторов в зоне счалки, а также усовершенствовать способ счаливания стальных канатов. Основой усовершенствованного способа служит разработанный авторами полимер-

ный сердечник, который может служить кондуктором, позволяющим сохранить в месте сгаливания допустимые значения браковочных показателей по диаметру. Кондуктор счалки представляет собой полый полимерный цилиндр длиной, превышающей длину счалки на величину двух концов крайних заправляемых прядей. Наружный профиль кондуктора в поперечном сечении выполнен в форме звезды с числом лучей, равным числу прядей и высотой лучей не менее половины диаметра пряди. Кондуктор имеет винтовую форму с шагом свивки, равным шагу прядей в канате, и с радиусом сегментов между лучами, равным радиусу поперечного сечения пряди. При этом лучи в вершине выполнены в форме ласточкиного хвоста, а полый цилиндр в каждом стыковочном узле «замка» имеет овальные отверстия, соответствующие диаметру поперечного сечения пряди в термоусадочной трубке под углом свивки. Количество отверстий равно удвоенному числу прядей. Отверстия равномерно расположены в шахматном порядке по винтовой линии вдоль кондуктора, попарно по числу прядей и строго напротив друг друга по радиусу полого цилиндра (рис. 4).

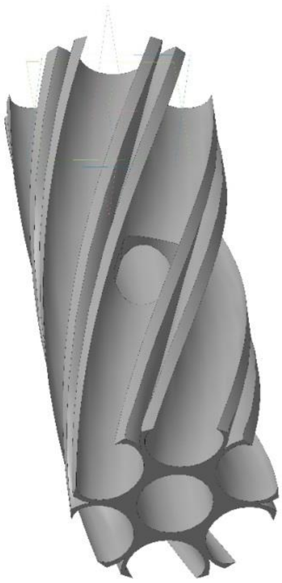


Рис. 4. Полимерный кондуктор для счаливания стальных канатов

Для обеспечения подвижности заплетаемых прядей в стыковочном замке (узле) каната их концы обжимают термоусадочной трубкой с последующей её температурной обработкой. Предварительно внутри трубки размещают порошковый антифрикционный материал. Такой материал за счет своей слоистой структуры обеспечивает подвижность заплетаемой пряди путем скольжения наночастиц порошка, который обладает хорошими адгезионными свойствами в системе трения «сердцевина — прядь — прядь», где происходит смещение слоев этого материала. Это устраняет возможность эффекта «закусывания» заплетаемой пряди в замке (узле) счалки. Для обеспечения подвижности пряди в теле кондуктора на его поверхность распыляют порошковый антифрикционный материал, заполняя поверхность кондуктора и межпрядевые полости. Это позволяет при изгибе каната на шкиве (барабане) перемещаться прядям внешнего слоя в продольной плоскости и вокруг своей оси, распределяя равнодействующую нагрузку по всему канату и минимизируя износ от истирания кондуктора.

Существующую сердцевину на всей длине счалки заменяют конструкцией кондуктора, состоящего из подвижного цилиндрического стержня, диаметр которого выполняют равным диаметру пряди в термоусадочной трубке, что позволяет обеспечить полноту площади опоры прядей внешнего слоя и исключает образование пустот из-за недостатка длины вплетаемой пряди. Концы прядей в термоусадочной трубке вплетают в тело полого цилиндра заменяемой сердцевины, пропуская их через овальные отверстия в каждом стыковочном «замке» путем замещения подвижного

цилиндрического стержня концами прядей, обработанными термоусадочной трубкой. Затем наносят сплошную линию на наружную поверхность каната вдоль длины счалки и под нагрузкой проводят контроль ее прямолинейности (рис. 5).



Рис. 5. Линия контроля осевого отклонения (кручения) стального каната вокруг своей оси

Выводы. Проведенные авторами исследования позволили уточнить причины образования опасных факторов в зонах счалки стальных канатов. Своевременное выявление и устранение опасных факторов позволяет свести к минимуму причинение вреда человеку и имуществу на предприятиях, эксплуатирующих машины с канатной тягой. Основным преимуществом усовершенствованного способа счаливания стального каната является исключение человеческого фактора в ходе проведения работ по счалке. Предложенный авторами кондуктор может быть изготовлен для стального каната любого типа по заданным параметрам с заранее подготовленными овальными отверстиями для вплетения прядей внешнего слоя в стыковочный замок (узел), что значительно повышает качество счаливания.

Библиографический список

1. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Подвесные канатные дороги : Е28–3 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации / Консорциум «Кодекс». — Режим доступа : http://docs.cntd.ru/document/1200001418 (дата обращения: 03.06.19).

2. Подвесные канатные дороги для транспортировки людей. Требования безопасности : EN 12927–7:2005 [Электронный ресурс] // ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». — Режим доступа : http://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=4027453 (дата обращения: 03.06.19).

3. Короткий, А. А. Технические причины обрывов проволок несуще-тягового каната на пассажирской подвесной канатной дороге / А. А. Короткий, Э. В. Марченко, А. В Панфилов // Безопасность техногенных и природных систем. — 2017. — № 1 — С. 18–25.

4. Короткий, А. А. Стойкость несуще-тягового каната пассажирской подвесной канатной дороги / А. А. Короткий, Э. В. Марченко, А. В. Панфилов // Изв. вузов. Сев.-Кав. регион. Техн. науки. — 2018. — № 2. — С. 66–70.

5. Моделирование динамики пассажирской кабины транспортной системы «Канатное метро» / И. А. Лагерев [и др.] // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2018. — Т. 18, № 1. — С. 16–21.

6. Короткий, А. А. Счалка стального каната, проблемы и пути их решения / А. А. Короткий, А. В. Панфилов Э. В. Марченко, // Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы : сб. материалов VIII междунар. молодежн. науч. конф. — Саратов, 2018. — С. 168–173.

7. Метод нанесения твердосмазочных материалов на стальной канат в процессе его производства / Э. В. Марченко [и др.] // Вибреволновые процессы в технологии обработки деталей высокотехнологичных изделий : сб. трудов междунар. науч. симпозиума технологов-машиностроителей. — Ростов-на-Дону, 2017. — С. 131–134.

8. Канаты проволочные стальные. Безопасность : ГОСТ EN 12385–8 [Электронный ресурс] // Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — Режим доступа : https://files.stroyinf.ru/Data/701/70188.pdf (дата обращения: 03.06.19).

9. Правила безопасности пассажирских канатных дорог и фуникулеров : Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации / Консорциум «Кодекс». — Режим доступа : http://docs.cntd.ru/document/499077072 (дата обращения: 03.06.19).

Об авторах:

Короткий Анатолий Аркадьевич,
заведующий кафедрой «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета, (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), доктор технических наук, профессор.
korot@novoch.ru

Марченко Эдвард Викторович,
ассистент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета, (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1).
daedwardrambler.ru@mail.ru